Diss Hamburg
Lane Medical Library

Aus dem wissenschaftlichen Laboratorium des Universitäts-Instituts Hamburg. (Leiter: Privatdozent Dr. H. Türkheim.)

Experimentelle Beiträge zur sogenannten Vitalität des Schmelzes.

Ueber die Färbbarkeit des Tierzahnschmelzes.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde

der

Medizinischen Fakultät

der

Hamburgischen Universität

Vorgelegt von

KARL DIERKS

Zahnarzt aus Berlin-Waidmannslust

Berlin 1927

1927

Druck: Berlinische Verlagsanstalt G. m. b. H., Berlin NW 87.

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Referent: Professor Dr. G. Fischer.

Sonderdruck aus der Zahnärztlichen Rundschau 1928,
Nummer 22 – 24.

Aufgabe der Heilkunde ist es, drohende Schäden vom Organismus fernzuhalten, etwa vorhandene Schädigungen zu beseitigen und den geschädigten Organismus bzw. das Organ möglichst zur Restitutio ad integrum zu führen. Diesen Forderungen sucht man gerecht zu werden, indem man den gefährdeten oder bereits geschädigten Organismus in seiner Widerstands- resp. Abwehrkraft stärkt und das drohende schädliche als auch schädigende Agens als solches bekämpft, zu vernichten sucht oder doch in seiner Entwicklungs- und Auswirkungsmöglichkeit zu unterbinden trachtet. Während die Allgemeinmedizin im Verfolg dieser zum Ziel gesteckten Aufgabe schon seit mehreren Jahrzehnten von Erfolg zu Erfolg geschritten ist, hatte ihre Tochterwissenschaft, die Zahnheilkunde, anscheinend — jedenfalls, soweit es sich um die Bekämpfung der eigentlichen Zahnkrankheit, der Karies, handelte — dieses hohe Ziel aus den Augen verloren. Das ist um so verwunderlicher, als ja die Zahnkaries diejenige Krankheit ist, „welche das therapeutische Sondergebiet der Zahnheilkunde geschaffen hat" und „überwiegend das Interesse und die Haupttätigkeit des Zahnarztes in Anspruch nimmt". Man begnügte sich damit, die durch diese Krankheit entstandenen Defekte rein mechanisch zu decken — vielleicht unter gewisser beschränkter Anlehnung an die Chirurgie —, und erfüllte so kaum einen geringen Teil der idealen Aufgabe der Heilkunde. Die Erfüllung der ganzen Forderung, der Verhütung der Zahnkaries, sei es durch Bekämpfung der schädigenden Angriffskomponente, sei es durch Stärkung des gefährdeten Angriffsobjektes, stand wohl als leuchtende Fata morgana am Himmel, aber sie in greifbare Formen bannen zu können, daran glaubte man im allgemeinen nicht. Man begnügte sich sehr gern und sehr leicht mit den verschiedenen Kariestheorien, von denen die von Miller aufgestellte als die zutreffendste angesehen wurde, vielleicht, weil sie zwischen der rein chemischen Theorie auf der einen und der rein parasitären Theorie auf der anderen Seite ein Kompromiß darstellen könnte: „Die Zahnkaries ist ein chemisch-parasitärer Vorgang, bestehend aus zwei deutlich ausgeprägten Stadien: der Entkalkung resp. Erweichung des Gewebes und der Auflösung des erweichten Rückstandes. Beim Schmelz fällt jedoch das zweite Stadium fort, die Entkalkung des Schmelzes bedeutet dessen vollständige Vernichtung." Jedenfalls ist die heutige Vorstellung der

Zahnkaries in wenigen Worten zusammengefaßt die: Die Entkalkung der harten Zahngewebe geschieht durch Säuren, die in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in der Mundhöhle selbst durch die Gärung von Kohlenhydraten entstehen, die dort als Nahrungsreste an sogenannten Retentionsstellen zurückbleiben. „Wenn das Gewebe entkalkt ist oder schon vorher, wirken die Bakterienfermente auflösend, verdauend ein und verflüssigen den organischen Zahnknorpel nach vorheriger Erweichung."

Hiermit ist aber das Wesen der Karies keineswegs einwandfrei charakterisiert. Einen sehr wesentlichen Faktor bei der Aufrollung des Kariesproblems bilden die näheren Umstände: Zeitliche und individuelle Disposition resp. Immunität, unter denen die Krankheit gesetzmäßig eintritt oder ausbleibt. Daß man zu dem Zentralpunkt des Problems nur durch weitausholende Forschungen und zu einwandfreien Grenzlinien in mancherlei Kleinarbeit gelangen kann, dürfte unschwer einzusehen sein. Man hat nun bei dem Versuch, erst einmal sehr weite Grenzlinien festzulegen — und auch bei anderen Untersuchungen — einsehen müssen, daß unsere Kenntnisse über die Physiologie des Zahnes, speziell über seine Histologie und Histogenese, noch keineswegs erschöpfende sind. Demgemäß sind die Forschungsergebnisse, die sich auf den pathologisch veränderten Zustand beziehen, sehr vorsichtig zu bewerten. Hierdurch ergeben sich aber andererseits die Wege, die die Forschung, sonderlich die Kariesforschung, zu beschreiten hat, fast von selbst. Je tiefer wir nun in die Zusammenhänge eindringen, je mehr es uns gelingt, Gesetzmäßigkeiten herauszubringen, desto mehr wird auch der Weg frei zu einer erfolgreichen Prophylaxe und damit zur Erreichung des wahren Ideals jeder Heilkunde.

Da die vorliegende Arbeit in gewissem Sinne mit der Kariesforschung in innerem Zusammenhang steht, wie dieses später noch deutlicher sich zeigen wird, so dürften wohl die bisher getätigten Forschungsergebnisse auf diesem Gebiet nicht ganz unberücksichtigt gelassen werden. Sofern sich Gesetzmäßigkeiten feststellen lassen, müssen diese natürlich zum Ausgangspunkt genommen werden. Deshalb seien hier fünf wichtige Grundgesetze, wie sie Türkheim zusammengestellt hat, ausgeführt. Allerdings handelt es sich, wie Türkheim selbst hervorhebt, um rein empirisch gewonnene Gesetze, deren Erklärung noch der weiteren Forschung vorbehalten ist. Die sehr wichtigen Grundgesetze lauten:

1. Jede kariöse Zerstörung beginnt im Schmelz.
2. Die Erkrankung setzt zu bestimmten Zeiten im Leben des Individuums stärker ein; man nennt dieses die zeitliche Disposition.
3. Es werden nicht alle Individuen gleichmäßig befallen, man beobachtet eine Immunität oder individuelle Disposition.
4. Es werden auch nicht alle Zähne gleich stark ergriffen, es läßt sich sowohl in den einzelnen Zahngruppen als

auch in den Beziehungen zwischen Ober- und Unterkiefer eine Gesetzmäßigkeit aufstellen, die im Begriff der relativen Immunität ihren Ausdruck findet.

Das 5. und vielleicht wichtigste Gesetz ergibt sich durch die Beobachtung, daß zwar jede kariöse Erkrankung von einer Retentionsstelle ausgeht, daß dieser Satz aber nicht umkehrbar ist, es braucht sich nicht von jeder Retentionsstelle eine Karies zu entwickeln!"

Es ist also eine Reihe von einzelnen Faktoren gegeben, deren wechselseitige Wirkungen nicht ohne genaue Kenntnis der einzelnen Teile erforscht werden können. Neben den naheliegenden zu erforschenden, bzw. soweit dies geschehen ist, allgemein anerkannten Elementen wie normale Anatomie, Histologie und physikalisch-chemische Zusammensetzung sowohl des Zahnschmelzes und des Schmelzoberhäutchens als

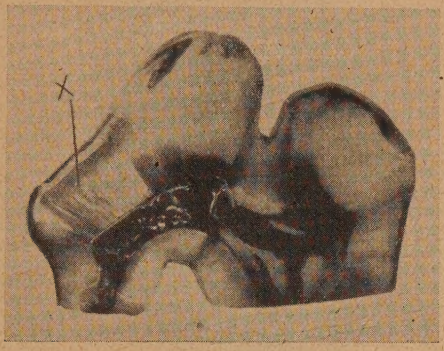

Abbildung 1.

Fuchszahn, gefärbt mit Diamant-Fuchsin vom Dentin aus. Das Dentin ist nicht gleichmäßig gefärbt, zum Teil auch nicht in unmittelbarer Nähe des Pulpencavums. Wahrscheinlich ist die Färbeflüssigkeit nicht vollkommen in den Pulpenhohlraum eingedrungen und durch Luftblasen in dem verhältnismäßig engen Raum der Pulpa am Vordringen gehindert worden. Beachtlich ist die mit X bezeichnete Stelle, die einwandfrei zeigt, wie das Diamant-Fuchsin das Dentin an der Schmelzgrenze reichlich gefärbt hat, der Schmelz aber völlig ungefärbt bleibt.

auch der anderen in Frage kommenden Gewebe, dem Gesamtchemismus der Mundhöhle wie seiner Bakterienflora, spielen Vererbung, Ernährung, Klima, Beruf sowie körperlicher Allgemeinzustand des Individuums eine gewichtige Rolle.

Von den angeführten fünf Grundgesetzen ist das erste für die Behandlung des vorliegenden Themas das wichtigste: Jede kariöse Zerstörung beginnt im Schmelz. Zergliedern wir dies Gesetz, so läßt sich ohne Schwierigkeit unterscheiden zwischen dem schädigenden Subjekt — der kariösen Zerstörung — und dem geschädigten Objekt — dem Schmelz. Bevor es aber zu diesem Krankheitszustand kam, den ja das Gesetz festlegen will, war eine andere Beziehung zwischen den beiden Faktoren vorhanden, nämlich eine gefahrdrohende aktive Komponente und eine gefährdete passive Komponente. Es ist bekannt, daß

jeder Organismus auf einen empfangenen Reiz irgendwie sein Verhalten einstellt, also reagiert. Bei der Schmelzkaries hingegen hat sich eine solche Reaktion des Schmelzes der Schädigung gegenüber bisher nicht nachweisen lassen. Da als Kennzeichen für „Leben" im physiologischen Sinne Stoffwechsel, also An- und Abbau zu gelten hat, müßte man folgern, daß der Schmelz ein anorganisches Gebilde sei, in dem sich keine „Lebensvorgänge" abspielen. Bedenkt man ferner, daß der Schmelz nur 3 Prozent organische Substanz enthält und sich weder Strukturveränderungen noch irgendwelche Sensibilität während des Lebens haben nachweisen lassen und sich Karies auch in vitro erzeugen läßt, so erscheint die Vorstellung von irgendwelchem „Leben" in diesem Hartgebilde des Zahnes

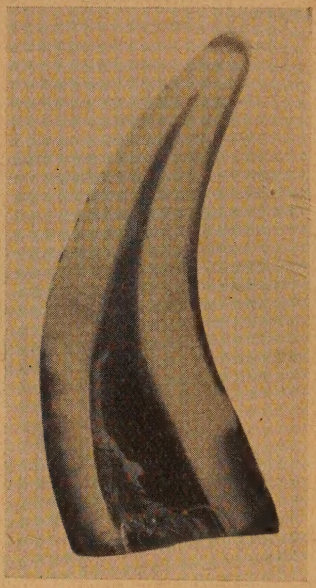

Abbildung 2.

Fuchszahn, (Eckzahn) gefärbt vom Schmelz aus mit 10 prozentiger Argent. nitric. Lösung.

Der Schmelz ist auch in seinen äußeren Partien nicht überall gefärbt; die der Wurzel angrenzenden Teile zeigen sich stellenweise durchdrungen von der Lösung vom Schmelz aus in zentripetaler Richtung.

kaum denkbar. Diesen Tatsachen stehen nun Beobachtungen gegenüber, die sich scheinbar nicht in Einklang miteinander bringen lassen. Es erliegt nämlich keinesfalls in allen Fällen der Zahnschmelz aller Zähne dem kariösen Prozeß, es werden in ein und derselben Mundhöhle nicht alle Zähne von der Karies befallen, eine bestehende relative Immunität kann plötzlich abgelöst werden von einer erheblichen Disposititon, bei den gleichen Lebensumständen wird das eine Individuum befallen, das andere dagegen bleibt verschont. Wenn an sich diese Be-

obachtungen kein beweiskräftiges Argument für etwaige Lebensvorgänge im Schmelz darstellen und sich zwanglos anders deuten lassen, so vertritt doch trotz mancher gegenteiligen Beweise ein großer Teil der Autoren die Ansicht, daß der Schmelz Stoffwechsel besitzt und ernährt wird. Es hat auch nicht an Untersuchungen gefehlt, die diese Ansicht als richtig zu beweisen versucht haben. Doch soll auf diese Untersuchungen hier zunächst nicht eingegangen werden, sondern, soweit es in den Rahmen dieser Arbeit hineinpaßt, späterhin darauf zurückgegriffen werden. Besteht aber die Ansicht dieser Forscher zu Recht, d. h. besteht im Zahnschmelz wirklich Stoffwechsel, so müssen die Bahnen, auf denen er vor sich

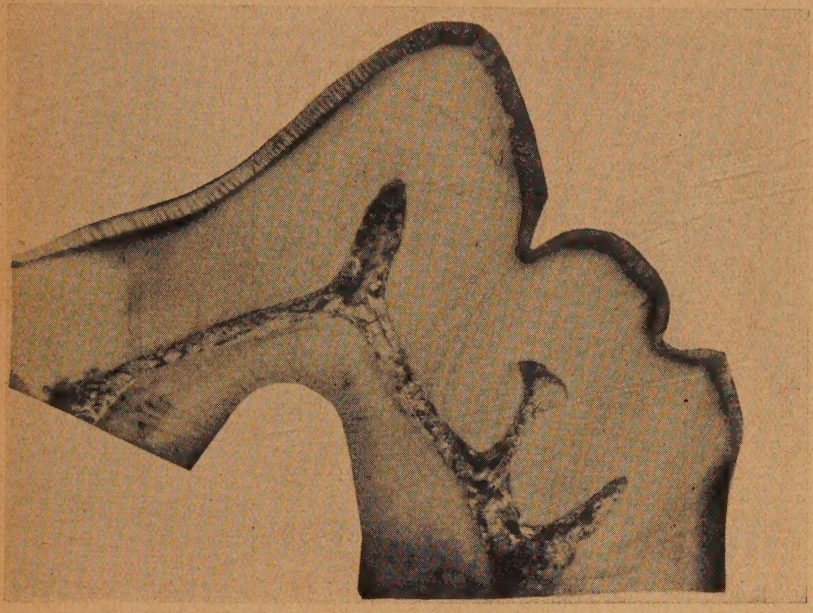

Abbildung 3.
Tigerzahn, gefärbt mit 10 prozentiger Argent. nitric. Lösung vom Schmelz aus.
Wie beim vorigen Präparat ist der Schmelz auch hier fast durchgängig und das darunterliegende Dentin auf kurze Strecken vom Schmelz aus mitgefärbt.

geht, sich nachweisen lassen. Sie müssen sich aus der Histogenese ergeben und histologisch-experimentell sich erklären lassen.

Die Entwicklung der Hartsubstanzen des Zahnes darf als bekannt vorausgesetzt werden. Es sei jedoch in diesem Zusammenhang hervorgehoben, daß der Zahnschmelz als Produkt der Ameloblasten ein Gebilde ektodermalen Ursprungs ist, während das Dentin mesodermalem Gewebe entstammt.

Ueber die Histogenese des Zahnes läßt sich Eindeutiges nicht sagen. Die Ansichten und Forschungsergebnisse der ein-

zelnen Autoren differieren beträchtlich. Ein Teil — darunter Walkhoff — vertritt die Anicht, daß der Verkalkungsprozeß in dem der Tomesschen Faser entferntest gelegenen Teil beginnt, wohingegen andere — mit ihnen von Ebner und Fischer — eine zentrifugal von der Tomesschen Faser fortstrebende Verkalkung annehmen. Feststehend ist jedenfalls, daß zwischen den Schmelzprismen eine Zwischenschicht besteht, die in chemisch-physikalischer Hinsicht ein anderes Verhalten zeigt wie die Prismen selbst. Auch über die Aufbaurichtung des Schmelzes herrschen bisher sehr verschiedene Ansichten. So sehen z. B. Waldeyer und Walkhoff die Hauptaufgabe der Schmelzpulpa darin, dem sich

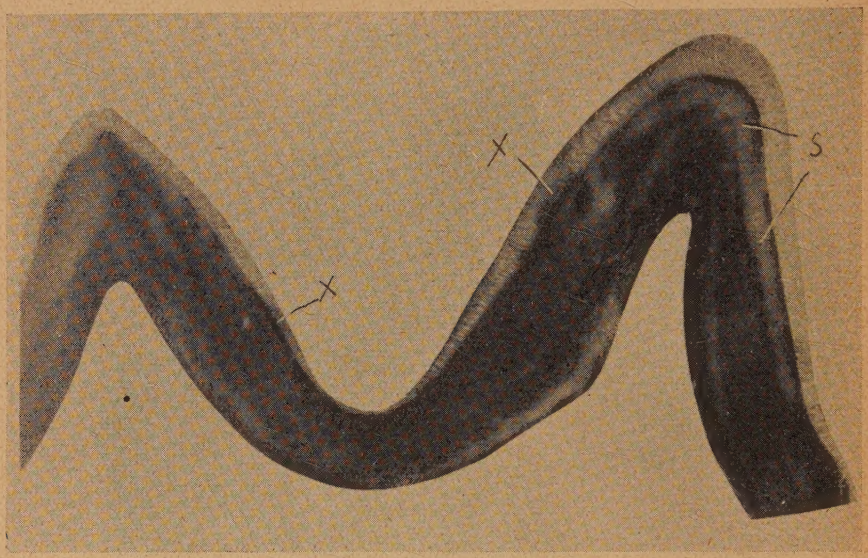

Abbildung 4.

Tigerzahn, gefärbt vom Dentin aus mit 10 prozentiger Argent. nitric. Lösung.

Fast durchgängige Färbung des Dentins, die zum Teil der Peripherie zu abnimmt und sehr schwach wird (s), an der Schmelz-Dentin-Grenze sich aber deutlich und scharf hervorhebt und trennt von dem größtenteils ungefärbten Schmelz. Immerhin ist hier an einigen Stellen eine Schmelzfärbung vom Dentin aus wahrzunehmen ×.

bildenden Schmelz den nötigen Raum freizuhalten. Auch andere Autoren vertreten mit diesen die Meinung, daß der Kalkstoffwechsel im Sinne Pulpa-Dentin-Schmelz vor sich gehe.

Da mit fortschreitender Entwicklung die zugehörige Schmelzzelle von dem dazugehörigen Prisma sich mehr und mehr entfernt, so nimmt v. Ebner an, daß das Schmelzprisma zuletzt von den Dentinkanälchen die Aufbaustoffe erhält. Steht nun aber diese Ansicht zu der ganzen Entwicklung von Schmelz und Dentin nicht in einem Gegensatz? Beide Hart-

substanzen des Zahnes entstammen verschiedenen Keimblättern; es läßt sich während der Zeit der Zelldifferenzierungen in den einzelnen Grundgeweben zwischen diesen beiden kein einziger Uebergang nachweisen, ja es scheint die Membrana praeformativa, die wir als zellose gallertige Zwischenschicht kennen gelernt haben, jeden Uebergang auszuschließen. Für diese Ueberlegung möchte ich als Beweis die Untersuchungen Blotevogels heranziehen, die in einer Arbeit: „Der vitale Farbstofftransport während der Zahnentwicklung" niedergelegt sind. Blotevogel ist dabei von folgenden Ueberlegungen ausgegangen: Die vitale Färbung erwachsener Zähne gegenüber den bisherigen Ergebnissen der vitalen Färbung bringt keine wesentlich neuen Tatsachen, dagegen steht zu vermuten, daß während der Zahnentwicklung Erscheinungen auftreten, auf Grund deren ein stark vermehrter Stoffwechsel anzunehmen ist. Ueber die unternommenen Versuche sei hier kurz berichtet:

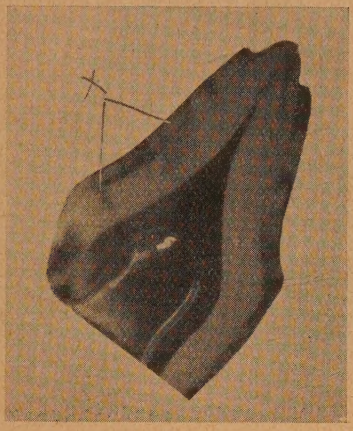

Abbildung 5.

Seehundzahn, vom Schmelz aus mit Methylenblau gefärbt. Schmelz nicht durchgängig gefärbt. Die Färbung schneidet im allgemeinen mit der Schmelz-Dentin-Grenze ab mit Ausnahme der mit × bezeichneten Stellen, deren Entstehung allerdings auch eventl. auf den Schleifprozeß oder Schmelzsprünge zurückgeführt werden könnte.

Es wurden bei vierzehn jungen Mäusen im Alter von der Geburt bis zu 35 Tagen unter die Rückenhaut durchschnittlich 0,1 ccm einer 0,5 proz. Trypanblaulösung injiziert. Die Injektion erfolgte entweder einmal oder im Abstande von jeweils zwei Tagen verschieden oft. Der geringere Teil des Materials wurde frisch untersucht, der größere Teil fixiert und dann Serienschnitte angefertigt. Die Versuche haben zu folgenden Resultaten geführt: Je jünger das Versuchstier ist, umso intensiver ist die Farbstoffspeicherung im Schmelz. Sie steht im Zusammenhang mit der Speicherung des Farbstoffes im Schmelzorgan, besonders den inneren Schmelzzellen. „Je

weiter nun die Schmelzbildung fortschreitet und je mehr die Rückbildung des Schmelzorgans vor sich geht, um so mehr läßt die Speicherung in den inneren Schmelzzellen nach, bis sie schließlich nicht mehr nachzuweisen ist."

Was nun den Schmelz selbst betrifft, so scheint in gelöstem Zustande ein Teil des Farbstoffes in den Schmelz überzugehen und färbt diesen durchgängig ohne Unterschied zwischen älteren und jüngeren Teilen desselben: „Mit zunehmendem Alter des Tieres läßt die Intensität der Blaufärbung nach, auch wenn die Tiere in vitaler Färbung hochgetrieben sind. Schließlich verschwindet sie ganz."

Bei älteren Tieren ist der Schmelz nicht mehr durch vitale Farbstoffzufuhren zu färben. Zusammenfassend läßt sich über

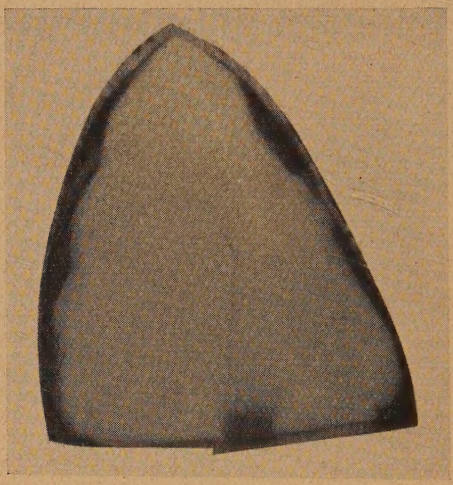

Abbildung 6.

Krokodilzahn, gefärbt vom Schmelz aus mit 10 prozentiger Argent. nitric. Lösung.
Der Schmelz ist zum Teil tiefschwarz gefärbt und an diesen Stellen das Dentin bis zu geringer Tiefe in zentripetaler Richtung mitgefärbt.

das Verhalten des jungen Schmelzes gegenüber den vitalen Trypanblauzufuhren folgendes feststellen:

1. Junger, unverkalkter Schmelz wird, solange ihm seitens der inneren Schmelzzellen Farbstoff zugeführt wird, diffus blau.
2. Schmelz des durchgebrochenen Teiles der Zahnkrone, dem die Farbstoffzufuhr seitens der inneren Schmelzzellen fehlt, wird nicht mehr blau.
3. Der zunächst blaue Schmelz verliert trotz weiterer Farbstoffzufuhr allmählich seine Blaufärbung.

Wenn sich im Schmelz also „Lebens"-Vorgänge abspielen sollen, so müssen die Ernährungs- und Saftbahnen in dieser Schicht liegen und sich dort nachweisen lassen. Die organische

interprismatische Substanz läßt sich an entsprechend vorbehandelten Schliffen z. B. nach Entkalkung mit 5-proz. Salpetersäure darstellen. Es zeigt sich dann, daß die organische Substanz in den obersten Schichten ein zusammenhängendes Häutchen bildet, das mit dem Schmelzoberhäutchen verwachsen ist. Letzteres ist als ein zum Schmelz gehörendes und unlöslich mit ihm zusammenhängendes Gebilde anzusprechen. Ueber die Bedeutung des Schmelzoberhäutchens hat man noch keine einheitliche Auffassung festlegen können. Jedenfalls bestätigen verschiedene Untersuchungen den membranösen Charakter der äußeren keratinhaltigen Schmelzumkleidung, die wir eben als Schmelzoberhäutchen zu bezeichnen gewöhnt sind.

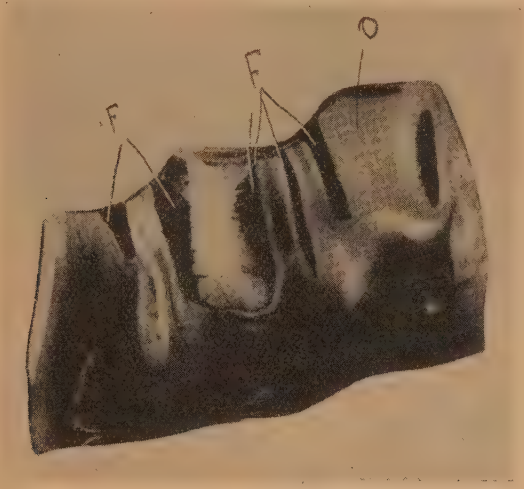

Abbildung 7.

Rehzahn, vom Dentin aus mit Methylenblau gefärbt. Der Schmelz ist nicht gefärbt. Die mit „F" bezeichneten Stellen sind tiefe Fissuren, die nicht durch die Farblösung gefärbt sind. Das Dentin ist durchgängig gefärbt. Besonders bemerkenswert ist, daß die Farblösung in die sehr spitzen Kauhöcker gedrungen ist, ohne daß irgendwo ein Uebergang in den Schmelz festzustellen wäre. „O" im Schliff tangential getroffener Schmelz.

Wie bereits erwähnt, zeichnet sich der Zahnschmelz infolge seines geringen Gehalts an organischen Bestandteilen durch seine große Härte aus. Diese Eigenschaft stellt jedoch nicht im geringsten eine konstante Größe dar, vielmehr ist diese Größe in gewissen Grenzen sehr variabel. Schon rein klinisch sind wir gewöhnt, einen Unterschied zwischen hartem und weichem Zahnschmelz zu machen. Pickerill hat in seinem Werk „Verhütung von Zahnkaries und Mundsepsis" auch diese rein empirisch gewonnene Einteilung zum Gegenstand von Untersuchungen gemacht. Er stellt zwar den sklerotischen Zähnen, für die ihre gelbliche Färbung und Immunität gegen Karies charakteristisch ist, die Gruppe der

„nativen" Zähne voran, welche bei unzivilisierten Völkern (z. B. Eskimo, Maori u. a.) vorkommen. Da diese sich gleichfalls sowohl durch Kariesimmunität auszeichnen als auch in ihrem chemisch-physikalischen Verhalten nur eine Steigerung der sklerotischen Zähne darstellen, läßt sich diese Unterscheidung wohl zugunsten einer kontrastreicheren Zweiteilung vermeiden, so daß dieser ersten Gruppe die Zähne von malakotischem Typus gegenüberzustellen sind, die durch ihr weißliches Aussehen und ihre Kariesdisposition gekennzeichnet sind. Es zeigen sich zwischen diesen beiden Typen z. T. beträchtliche Abweichungen hinsichtlich ihrer Oberflächenstruktur, Dichte,

Abbildung 8.

Rehzahn, vom Schmelz mit 10 prozentiger Argent. nitric. Lösung gefärbt. Der Schmelz ist total gefärbt. Bis zu × hat der Wachsüberzug von der Wurzelschnittfläche aus gereicht, sodaß hier keine Schmelzfärbung stattfinden konnte. In diesem Präparat ist die Färbeflüssigkeit durch den Schmelz hindurchgedrungen und hat das Dentin in seiner ganzen Ausdehnung mit gefärbt. Eine Färbung von der Pulpahöhle aus ist hier völlig ausgeschlossen, wie leicht zu erkennen ist. Der in der tiefen Fissur „O" liegende Schmelz ist nur wenig gefärbt, weil wahrscheinlich die Lösung nicht tief genug in die Fissur hat eindringen können

Härte, Löslichkeit und Durchlässigkeit für Lösungen. Die Unterschiede können teils angeboren, teils erworben sein und sind z. T. voneinander abhängig.

Für den Rahmen der vorliegenden Arbeit interessieren Versuche über die Durchlässigkeit des Schmelzes für Lösungen. Handelt es sich dabei um Lösungen, die irgendwelche Färbepartikelchen enthalten, so ist für diesen Fall die Durchlässigkeit des Schmelzes für Lösungen gleichbedeutend mit seiner Färbbarkeit. Dabei handelt es sich allerdings nicht darum, durch Kontrastfärbung die einzelnen Strukturteile des Ge-

webes deutlich darzustellen, sondern lediglich darum, zu prüfen, ob und inwiefern sich der Schmelz für die Lösungen durchgängig erweist und welche Gesetzmäßigkeiten sich daraus ableiten lassen. Nächstdem müssen sich auf dieser Grundlage unter Umständen etwa vorhandene Ernährungsbahnen nachweisen lassen. Somit stehen diese Untersuchungen mit der Kariesforschung in jeder Hinsicht in sehr naher Beziehung. Bei den Untersuchungen ist allerdings darauf zu achten, daß die Farblösungen keine Säureionen enthalten dürfen, um keine Entkalkung herbeizuführen, da dadurch sich falsche Bilder ergeben.

Pickerill ist auf Grund eingehender Versuche, die niedergelegt sind in einem Kapitel der eben erwähnten Arbeit, das die physikalischen Eigenschaften der Schmelzoberfläche behandelt, zu folgenden Ergebnissen gekommen:

Der Grad der Durchlässigkeit der Schmelzoberfläche steht im umgekehrten Verhältnis zu dem seit dem Durchbruch verstrichenen Zeitraum.

Sklerotischer und malakotischer Zahnschmelz zeigen verschiedene Durchlässigkeit, wofür die Begründung „nicht ausschließlich in Entwicklungsstörungen, sondern in einer nach dem Durchbruch akquierierten Eigenschaft zu suchen sein soll." Demnach hat also der Zahnschmelz bei dem Zahndurchbruch seinen definitiven Zustand noch nicht erreicht, vielmehr ist die Dichte des Schmelzes während des Lebens durch Osmose erworben, indem aus dem Speichel stammende Kalksalze in den Schmelz eingelagert werden. Bei den Diffusionsvorgängen fällt dem Schmelzoberhäutchen eine bedeutende Rolle zu, es läßt keine kolloidalen Lösungen durch, sondern nur kristalloide.

Eine Nachprüfung und teilweise Erweiterung der Pickerillschen Untersuchungsergebnisse hat neben Türkheim, über dessen Arbeiten weiter unten berichtet werden soll, Fürst gebracht. Er ist durch die Untersuchungen, die sich auf den Zahnschmelz und das Schmelzoberhäutchen und ihr Verhalten zu verschiedenen Farblösungen erstrecken, zu folgenden Resultaten gekommen:

1. „Je nach dem Alter eines Zahnes ist er für Kristalloide verschieden permeabel, während der vollkommen jugendliche in seiner Verkalkung von der Schmelzpulpa aus noch nicht abgeschlossene Zahn für Lösungen und Suspensionen verschiedener Dispersitätsgrade absolut durchgängig ist, schließen sich die Poren der Zahnwand später noch derart, daß das Alter des Zahnes im umgekehrten Verhältnis zur Permeabilität steht.

2. Der Zahn verliert seine Permeabilität für Kristalloide relativ früh, um dann nur noch für das Lösungsmittel durchgängig zu sein.

3. Ohne Zweifel ist der junge Zahn unter normalen Verhältnissen osmotischen Erscheinungen gegenüber zugänglich, die Zahnwand verhält sich wie eine semipermeable Membran, die Kristalloide nur in dem Fall vollkommen passieren läßt, wenn sie durch äußere Einflüsse für eine Permeabilität vorbereitet wird.

4. Dem Schmelzoberhäutchen ist die Rolle einer dialysierenden Membran zuzuschreiben. Es ist für Kristalloide durchaus durchlässig, für Kolloide nicht.

5. Die in den oberen Schmelzschichten statthabende Oberflächenadsorption läßt diese Schichten gewissermaßen als Filter erscheinen, das

ein vollkommenes Durchdringen der gelösten Partikel in den meisten Fällen verhindert.

6. Als Hindernisse für eine vollkommene Passage können auch Salzausfällungen sowie chemische Umsetzungen zwischen Salz und Zahnwand, wobei ein neuer Körper entstehen kann, in Betracht gezogen werden."

Allerdings erstrecken sich die Versuche von Fürst nicht auf Zähne der Gebrauchsperiode, sondern auf ganz jugendliche, vorwiegend sogar auf Zähne von Rinderföten. Dazu gaben folgende Ueberlegungen die Veranlassung: Als gegenwärtig ziemlich ausnahmslos gültige und anerkannte Tatsache hat heute bei der Schmelzbildung die Lehre zu gelten, daß der Zahnschmelz bei dem Durchbruch des Zahnes in die Mundhöhle noch nicht seinen endgültigen Zustand erreicht hat. Hält man ferner daran fest, daß zur Zeit des Bestehens der Schmelzpulpa, also der Tätigkeit der Ameloblasten, der Aufbau des Schmelzes in zentripetaler Richtung — auf das Dentin zu — vor sich geht, so liegt bei der Annahme einer späteren Kalksalzzufuhr auf dem Wege Blutkreislauf — Pulpa — Dentin — Schmelz ein ungelöstes Rätsel, wie diese Umstellung zustande kommen soll. Da sind natürlich Versuche, die Zähne kurz vor ihrem Durchbruch betreffen, besonders wichtig. Es ist daher nicht einzusehen, warum Bauchwitz und Heimann in ihrer kürzlich erschienenen Arbeit über das Durchlässigkeitsvermögen der harten Zahnsubstanzen, dieses Entwicklungsstadium betreffende Untersuchungen ablehnen und behaupten, daß die Ergebnisse „naturgemäß" andere sein müßten. Bauchwitz hat 1921 bereits eine dasselbe Thema behandelnde Arbeit veröffentlicht, in der er zu folgenden Ergebnissen gekommen ist:

„Kristalloide diffundieren durch Schmelz und Dentin (Zement) bei Tier- und Menschenzahn.

Kolloide diffundieren durch Schmelz und Dentin (Zement) bei Tier- und Menschenzahn.

Bakterien diffundieren durch Schmelz und Dentin (Zement) mit großer Wahrscheinlichkeit, nicht etwa nur ihre Toxine."

Bei der Nachprüfung der Ergebnisse von Bauchwitz und Heimann hat Feibusch sowohl auf die nicht einwandfreie Abdichtung der in die Zähne eingeführten Kapillaren hingewiesen als auch auf die „Schmelzsprünge" aufmerksam gemacht, die sicher die Versuche nicht unerheblich beeinflussen.

Die neuerlichen Versuche von Bauchwitz und Heimann gehen der ersten Fehlerquelle insofern aus dem Wege, als sie die bemängelte Abdichtung nach Angaben, die Feibusch selbst gemacht hat, korrigieren. Ob sie aber wirklich für Durchdringungsversuche mit Bakterien genügen, bleibt dahingestellt.

Ueber die gegen die Versuche angeführten Schmelzsprünge wird ein wenig polemisiert, indem die physiologisch vorkommenden Schmelzsprünge mit den auf äußere Einflüsse zurückzuführenden Kunstprodukten desselben Namens gleichgestellt werden. Daß es sich bei den physiologischen Schmelzsprüngen nicht im eigentlichen Sinne um Kontinui-

tätstrennungen des Schmelzgewebes, sondern um „besonders geartete organische Modifikation“ desselben, die sich z. B. bei Färbeversuchen deutlich zeigt, handelt, kann nicht angezweifelt werden. Man wäre seitens der Verfasser diesem Einwand dadurch am besten entgegengetreten, indem man die Versuchszähne nun diesmal nicht extrahierte, sondern versucht hätte, durch Ausmeißelung oder dergleichen die Testobjekte zu gewinnen. Die Kardinalfrage der angezogenen Arbeit wird folgendermaßen formuliert:

„Wie verhalten sich die Zähne, die ihre Funktion im Munde bereits erfüllt haben, bezüglich ihrer Durchlässigkeit durch Schmelz und Dentin gegenüber Kristalloiden usw.?“

Für den etwas mißverständlichen Ausdruck: „Zähne, die ihre Funktion im Munde bereits erfüllt haben,“ hätte man eindeutiger und präziser wohl von „Zähnen der Gebrauchsperiode“ sprechen können, denn darauf kommt es doch an.

Weiter nehmen Bauchwitz und Heimann den Durchgang von Kristalloiden durch Dentin und Schmelz auf Grund der Arbeiten von Hermann, Radosevic, Pfaff, Sommer, Adrion, Faber und der früheren Arbeit von Bauchwitz als erwiesen an. Diese Arbeiten sind mit Ausnahme der von Faber (1924) bereits in den Jahren 1921 und 1922 veröffentlicht. Die neueren Untersuchungen bleiben — abgesehen von wenigen kurzen, abfertigenden Worten über die Arbeit von Fürst — vollkommen unberücksichtigt. Die Remineralisationsvorgänge, die die Untersuchungen von Head — die Pickerill nachprüft — herausstellen, auch den Salivamineralisationsprozeß, den Andresen vertritt, werden überhaupt nicht berührt als auch der umfangreichen Arbeiten Türkheims wie Kantorowiczs und Walkhoffs mit keiner Silbe gedacht. Letzten Endes laufen ja doch alle Versuche darauf hinaus, im Schmelz irgendwelche Stoffwechselvorgänge nachzuweisen oder auszuschließen oder ihnen jedenfalls auf die Spur zu kommen.

Türkheim hat sich mit diesen Fragen in verschiedenen Arbeiten eingehend auseinandergesetzt, hat vor allen Dingen auch alle gegenteiligen Ergebnisse einer ausführlichen Kritik gewürdigt. Ueber die Bedeutung der Schmelzfärbung sagt er selbst folgendes:

„Wenn tatsächlich eine biologisch-physiologische Verbindung zwischen Schmelz und Dentin-Pulpa besteht, durch die ein Austausch von Nahrungsstoffen, ein An- und Abbau von Stoffwechselprodukten stattfindet, so kann man sich diesen Strom nur auf Bahnen vorstellen, die physiologisch bekannt und nachweisbar sind, also Kapillaren, Lymphspalten, oder selbst nur protoplasmatischer Grundsubstanz, aus der die niedrigst organisierten Lebewesen bestehen. Die Ernährungsbahnen müßten sich darstellen und durch den ganzen Schmelz verfolgen lassen usw.“

Wenn sich auf der einen Seite somit die Vorstellung von Stoffwechselvorgängen im Schmelz experimentell nachweisen lassen muß, so müssen sich auf der anderen Seite auch die Bedingungen für eine Salivamineralisation ad oculos demonstrieren lassen.

Je einfacher die Wege sind, auf denen man zum Ziele zu gelangen sucht, desto geringer werden die Fehlerquellen sein,

die das Ergebnis beeinträchtigen können. Man kann das Labyrinth der physiologischen Vorgänge nicht derartig kopieren, daß man nun die Vorgänge in vivo auch in vitro getreu

Abbildung 9.
Hammelzahn (Frischpräparat), mit Methylenblau vom Schmelz aus gefärbt.
Das Dentin ist durchgängig gefärbt, auch der Schmelz ist größtenteils gefärbt. An der schmelzlosen Schneidekante ist eine keilförmige ungefärbte Partie.

Abbildung 10.
Hammelzahn (Frischpräparat), mit Methylenblau vom Schmelz aus gefärbt.
Der Schmelz ist nur an der Oberfläche ganz schwach gefärbt, das Dentin von der schmelzlosen Schneidekante her in ziemlicher Ausdehnung gefärbt. Ein Uebergang vom Schmelz her erscheint ausgeschlossen, wie die farblose Schmelzschicht an der Schmelz-Dentingrenze deutlich zeigt.

darzustellen versucht. So muß es z. B. verwunderlich erscheinen, wenn Bauchwitz bei den oben angegebenen Versuchen aus den extrahierten Zähnen die Pulpa nicht entfernt, weil er „den Mundverhältnissen ähnliche Grundlagen

haben will", dabei aber ist eine selbst in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrte Pulpa eben doch nur eine „tote" Pulpa, deren An- oder Abwesenheit bei ernsthafter Prüfung kaum von wesentlichem Einfluß sein dürfte.

Es war bei Besprechung einiger Untersuchungsergebnisse von Pickerill, die die physikalisch chemischen Eigenschaften der Schmelzoberfläche betreffen, das verschiedene Verhalten von malakotischen und sklerotischen Zähnen den Farblösungen gegenüber erwähnt. Pickerill untersuchte teils durchgebrochene, teils noch nicht durchgebrochene Zähne,

Abbildung 11.

Hammelzahn (Frischpräparat), mit ammon. Silberlösung vom Schmelz aus gefärbt.

Die Lösung hat den Schmelz von der Peripherie aus in zentripetaler Richtung zur Hälfte gefärbt. Bei × jedoch ist der Schmelz ganz gefärbt. Von der schmelzlosen Schneidekante her erstreckt sich auch hier ein keilförmiger gefärbter Dentin-Komplex pulpawärts.

sowohl von klinisch malakotischem als auch sklerotischem Typ verschiedener Menschen und stellte dabei fest, daß bei verschiedenen Typen die Farblösung (10 proz, Ag N O_3-Lösung) verschieden tief eindringt, wobei aber die noch nicht durchgebrochenen Zähne eine fast gleiche Durchgängigkeit aufwiesen, sodaß wohl die Ursache für das einerseits voneinander abweichende, andererseits miteinander übereinstimmende Verhalten nicht so sehr in der vor dem Durchbruch liegenden Zeit, sondern besonders in der Gebrauchsperiode des Zahnes

zu suchen ist. Demnach ist als feststehende Tatache anzusprechen, „daß eine Flüssigkeit, die einen festen Körper in gelöstem Zustande enthält, in die äußeren Schichten des Schmelzes dringen kann und daß die feste Substanz daselbst entweder chemisch gebunden oder gefällt wird.“ Uebersetzen wir diesen Reagenzglasversuch in die Lebenswirklichkeit, so wird damit für eine Einlagerung von Kalksalzen in den Schmelz

Abbildung 12.

Schafzahn (Frischpräparat), mit 10 prozentiger Argent. nitric.-Lösung vom Schmelz und Dentin aus gleichzeitig gefärbt.

Die Farblösung ist von der Schmelzoberfläche aus nicht ganz durch den Schmelz hindurchgedrungen, von der Pulpa aus ist jedoch das Dentin bis zur Dentin-Schmelzgrenze mit Ausnahme der keilförmigen Partie an der Schneidekante gefärbt.

der Gebrauchsperiode vom Speichel aus, also in zentripetaler Richtung, ein wichtiger Beweis erbracht. Immerhin ist diese Beweisführung noch nicht eindeutig, um eine Beeinflussung des Schmelzes nur von der Oberfläche her wahrhaben zu wollen. Es wäre ja theoretisch denkbar, daß besonders bei malakotischen Zähnen die Durchgängigkeit des Schmelzes nicht etwa nur einseitig von der Oberfläche her auffällig groß

sei, sondern daß eine Dichte durchgängig eine geringe sei, und eine Anfärbung durch das Dentin ebenso sehr stattfinden müsse. Pickerill hat zu diesem Zweck die Wurzel eines malakotischen Zahnes entzweigeschnitten, das Pulpencavum eröffnet, den Zahn in Wachs eingeschlossen und der Einwirkung der Argent.-nitr.-Lösung ausgesetzt. Es hat sich keine Kommunikation zwischen Dentin und Schmelz feststellen lassen, so daß die Folgerung gerechtfertigt erscheint, daß „der zuerst gebildete Teil des Schmelzes undurchgängig ist, während der letztgebildete Flüssigkeiten durchtreten läßt."

Abbildung 13.

Rinderzahn (Frischpräparat), kurz nach dem Durchbruch in die Mundhöhle mit 10 prozentiger Argent. nitric.-Lösung vom Schmelz aus gefärbt. Die Farblösung ist etwa zur Hälfte in den Schmelz eingedrungen. Streckenweise ist auch der ganze Schmelz gefärbt. Dann ist auch an diesen Stellen das Dentin mitgefärbt. An der mit × bezeichneten Stelle ist allerdings zwischen der Schmelz- und Dentinfärbung kein Zusammenhang festzustellen.

Nun muß allerdings nochmals betont werden, daß die Begriffe sklerotischer und malakotischer Zahnschmelz nicht so fest umrissen sind, wie es wohl wünschenswert wäre, auch die Bezeichnung karies-empfänglich resp. nicht-empfänglich hilft nicht über die Unvollkommenheit des Begriffs hinweg. Man ist ja im Allgemeinen geneigt, die Zahnkaries als einen mit der steigenden Zivilisation sich steigernden Krankheits-

prozeß anzusprechen, und wenn auch die Kulturunterschiede zwischen manchen Völkern sehr große sind, so kommt doch die Zahnkaries unter den unzivilisierten Völkern in einem gewissen Prozentsatz vor. Es lassen sich diese Grenzen zu Gunsten einer größeren Deutlichkeit noch weiter auseinanderrücken, wenn man in den Kreis der Untersuchungen den Zahnschmelz von Tieren einbezieht. Gewiß können wir auch bei

Abbildung 14.
Rinderzahn (Frischpräparat), kurz nach dem Durchbruch in die Mundhöhle mit ammon. Silberlösung vom Dentin aus gefärbt.
Der Schmelz ist nicht gefärbt. Das Dentin ist schwach gefärbt bis auf die der Wurzel naheliegenden Teile, die eine intensivere Farbstoffspeicherung erkennen lassen. An der Schmelz-Dentin-Grenze eine deutlich wahrnehmbare stärkere Färbung.

Tieren das Vorkommen der Zahnkrankheiten nicht leugnen, immerhin ist es aber ein durchweg bei den meisten Gattungen so geringes, daß man fast von einer Immunität gegen Karies sprechen kann. Nach den weiter oben geschilderten Untersuchungen und den daraus entwickelten Ergebnissen dürfte eine solche Untersuchung von Zahnschmelz verschiedener Tiergattungen immerhin eine nicht ganz müßige Studie sein, um Vergleichswerte zu schaffen, wenn es natürlich auch ver-

fehlt sein dürfte, hieraus phylogenetische oder ontogenetische Rückschlüsse ziehen zu wollen. Es dürfte z. B. von Interesse sein festzustellen, ob sich irgendwelche Unterschiede nachweisen lassen zwischen dem Zahnschmelz von Karnivoren, Herbivoren und Omnivoren, zwischen freilebenden und domestizierenden Tieren, wie überhaupt zwischen Zahnschmelz von Menschen und Tieren.

Es ist bei den Untersuchungen, wie sie im Folgenden beschrieben werden sollen, von nachstehenden Gesichtspunkten ausgegangen worden:

Als Farblösungen sind solche zu nehmen, die bereits von anderen Autoren mit Erfolg bei gleichartigen Untersuchungen

Abbildung 15.

Rinderzahn (Frischpräparat), altes Tier, mit Ammon. Silberlösung vom Schmelz und Dentin aus gefärbt.

Schmelz und Dentin gleichmäßig sehr schwach gefärbt. Irgendwelche Uebergänge zwischen Schmelz und Dentin nicht wahrzunehmen.

verwendet worden sind und eine allgemeine Nachprüfung der Resultate gestatten. Die Farblösungen sollen möglichst kristalloiden Charakter haben wegen der von Pickerill, Fürst u. a. gefundenen Dialysierfähigkeit des Schmelzoberhäutchens und auch wegen der von vielen Autoren als feststehende Tatsache angenommenen Durchgängigkeit dieser Lösungen durch Schmelz und Dentin. Als typische kristalloide Lösung ist Methylenblau anzusehen. Neben dieser kam die von Pickerill u. a. wegen seines spezifischen Verhaltens der organischen Interzellularsubstanz in anderen Geweben gegenüber angewendete 10 proz. Argent. nitr.-Lösung zur Verwendung. Alsdann wurde als weitere Farblösung

Diamantfuchsin benutzt, mit dem Kantorowicz und von Beust wie auch Pickerill gute Erfolge erzielt haben. Endlich hat Türkheim mit verschiedenen basischen und neutralen Farblösungen Untersuchungen angestellt und neben den drei eben genannten Lösungen als brauchbar gefunden die Färbung mit ammoniakalischer Silberlösung mit nachfolgender Reduktion in Formol.

Abbildung 16.

Pferdezahn (Frischpräparat), mit ammon. Silberlösung vom Schmelz aus gefärbt.

Der Schmelz ist in seiner ganzen Ausdehnung gefärbt. An einigen Stellen ist die Farblösung durch den Schmelz bis in das Dentin durchgedrungen und hat dieses bis zu verschiedener Tiefe gefärbt. Auch hier erstreckt sich von der schmelzlosen Kaufläche aus ein keilförmiger intensiv gefärbter Bezirk in das Dentin zentripetalwärts.

Die Beschaffung des Zahnmaterials bereitete insofern Schwierigkeiten, als es nicht gelang, wie anfangs beabsichtigt, nur frische Zähne zu untersuchen. Das war nur möglich bei den zur Schlachtung kommenden Haustieren, wie bei zwei aus dem Zoologischen Garten Hamburg überlassenen Kiefern von

je einem Affen und einer amerikanischen Wildkatze und zwei in einer zoologischen Handlung erworbenen frischen Affenschädeln. Alle weiteren Bemühungen bei Zoologischen Gärten waren erfolglos. Es mußten daher in den Kreis der Untersuchungen ausgetrocknete, museale Zähne einbezogen werden. Dabei konnte festgestellt werden, daß sich keine meßbaren Unterschiede zwischen frischen und musealen Zähnen ergaben. Es wurden ungefähr dreihundert Zähne untersucht, die von einer Woche bis zu drei Monaten in den verschiedenen Farblösungen gelegen haben. Die einzelnen Zähne wurden folgendermaßen zugerichtet: Die frischen Zähne wurden aus den Kiefern durch Ausmeißelung entfernt und dann in physiologischer Kochsalzlösung bis zum Einlegen in die Farblösung aufbewahrt. Bei sämtlichen Zähnen wurde die Wurzel kurz unterhalb der Schmelz-Zementgrenze abgeschnitten und aus dem Pulpencavum die Pulpareste entfernt. Dann wurde, nachdem die aus der physiologischen Kochsalzlösung entnommenen Zähne in Alkohol absolutus oberflächlich getrocknet waren, gemäß den von Pickerill gemachten Angaben bei einem Teil der Zähne die Oberfläche (Schmelz) mit Wachs überzogen, so daß die Färbeflüssigkeit nur durch das Pulpencavum eindringen konnte. Bei dem anderen Teil der Zähne wurde die Schnittfläche der Wurzel, dazu die angrenzenden marginalen Schmelzpartien, besonders natürlich auch die Pulpahöhle mit Wachs überzogen, so daß die Färbeflüssigkeit nur die freiliegende Schmelzoberfläche bespülen konnte. Hatten die Zähne die festgesetzte Zeit in der Lösung gelegen, so wurden sie nach oberflächlicher Reinigung in fließendem Wasser in sagittaler Richtung durchgeschliffen, in Canada-Balsam auf einem Objektträger mit der Schliffläche eingebettet, durch das Mikroskop betrachtet und zum Teil in auffallendem Licht photographiert.

Die nun folgende Wiedergabe der Mikrophotogramme ist nach folgenden Gesichtspunkten vorgenommen: Da uns im Zusammenhang mit den Zähnen die Lebensweise, d. h. in diesem Falle die Ernährungsweise der Tiere interessant ist, wurde aus diesem Gesichtswinkel heraus eine Hauptteilung vorgenommen und unterschieden zwischen den drei Gruppen:

Karnivoren, — Herbivoren, — Omnivoren.

Innerhalb dieser Hauptgruppen wurde lediglich nach einzelnen Tiergattungen unterschieden, da eine weitere Zwischenteilung unzweckmäßig erschien. Als Abschluß finden sich unter den von Omnivoren stammenden Zähnen solche vom Menschen und gestatten uns, gegebenenfalls vergleichende Betrachtungen zwischen dieser und den übrigen Gattungen anzustellen. Die näheren Angaben über die Tiergattung, Farblösung, Art der Einwirkung derselben, d. h. ob vom Schmelz oder Dentin aus eingedrungen und dergleichen nähere Erklärungen finden sich bei den einzelnen Bildern. Handelt es sich um museale (alte, ausgetrocknete) Zähne, so ist nichts weiter vermerkt. Bei den den frischen Tierschädeln entnommenen Zähnen ist dieses durch den Zusatz: „frisches Präparat“ be-

merkt. Zu beachten ist, daß „vom Schmelz aus gefärbt" heißt: die Wurzelfläche ist mit Wachs abgedeckt, die Färbeflüssigkeit bespült lediglich den Schmelz und kann nur von hier aus wirken. Bei der Färbung vom Dentin aus ist also die Schmelzoberfläche mit Wachs überzogen, die Färbeflüssigkeit kann nur von der Pulpahöhle aus zunächst in das Dentin eindringen.

Bevor nun versucht werden soll, ein zusammenfassendes Urteil zu bilden, mag eine kurze Betrachtung der einzelnen Hauptgruppen vorausgehen.

In der ersten Gruppe werden Zähne von Karnivoren gezeigt. Ueberprüfen wir nun, welche Wirkungen die einzelnen

Abbildung 17.

Pferdezahn (Frischpräparat), mit 10 proz. Argentum nitricum-Lösung vom Schmelz aus gefärbt.
Schmelz, soweit er nicht durch den Wachsüberzug abgedeckt war (× Grenze), an der Oberfläche gefärbt, Dentin ungefärbt.

Farblösungen gezeigt haben: Mit ammoniakalischer Silberlösung gefärbt: Eine genaue Unterscheidung, ob die Färbeflüssigkeit in die Zähne vom Schmelz oder Dentin aus eingedrungen war, läßt sich in diesem Falle nicht machen, da — wie sich nachträglich herausstellte — sich die Wachsabdichtung als nicht genügend widerstandsfähig dieser Lösung gegenüber erwies. Es ist daher mit einer Einwirkung von beiden Seiten zu rechnen, wie das aus den bei den Präparaten gemachten Angaben hervorgeht.

Bei den mit 10 proz. Argentum nitricum-Lösung gefärbten Präparaten konnte die Farblösung, abgesehen vom Präparat, das vom Dentin aus gefärbt wurde, nur von der Schmelzoberfläche her eindringen. Der Schmelz wird durch diese Farblösungen in der Oberflächenschicht stets gefärbt, selten allerdings in seiner ganzen Tiefe. Dann ist aber meistens ein Durchtreten der Färbeflüssigkeit in das Dentin zu beobachten. Ist das Dentin der Farblösung ausgesetzt gewesen, so färbt sich dieses durchgängig, wobei zwar die Intensität nach der Peripherie zu abnimmt. Bei dem Präparat ist an einzelnen Stellen ein Durchdringen des Farbstoffes in den Schmelz zu beobachten.

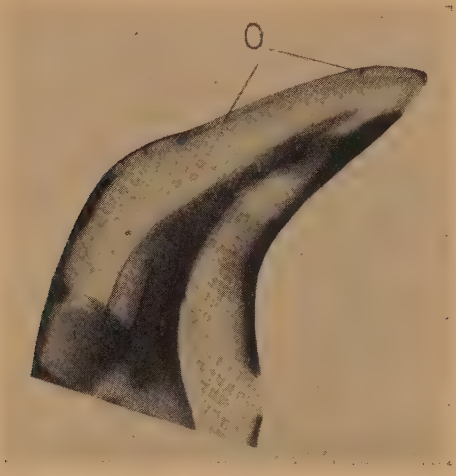

Abbildung 18.

Dachszahn (Eckzahn), mit 10 proz. Argentum nitricum-Lösung vom Schmelz aus gefärbt.

Der Schmelz zeigt sich in diesem Präparat unregelmäßig gefärbt; während er in größeren Abschnitten intensiv gefärbt ist und die Färbeflüssigkeit sogar in die darunter liegende Dentin-Schicht eindringen und diese mitfärben konnte, sind neben Abschnitten von geringer Oberflächenfärbung auch solche vorhanden, die gänzlich ungefärbt erscheinen (O).

Der mit Diamantfuchsin gefärbte Zahn (1) weist nur eine schwache Färbung im Dentin auf. Der Schmelz ist ungefärbt, trotzdem scheinbar an der Schmelz-Dentin-Grenze in den Interglobularräumen eine stärkere Farbstoffspeicherung zu bemerken ist.

Die Färbung mit Methylenblau vom Schmelz aus zeigt Bild 12. Im Schmelz sind einige Retziusstreifen angefärbt. Ob ein Durchdringen des Methylenblaus durch den Schmelz bis in das Dentin stattgefunden hat, ist zweifelhaft.

In ihrem Verhalten gegen Farblösungen scheinen frische Zähne den mesialen Zähnen gegenüber keine Abweichung nennenswerter Art zu zeigen.

Die Einwirkung der Farblösungen auf Zähne von Herbivoren zeigen die Präparate 7—17.

Ueber die Einwirkung von ammoniakalischer Silberlösung läßt sich zusammenfassend mit dem unter dem gleichen Abschnitt bei den Karnivoren Gesagten, übereinstimmend feststellen, daß bei Einwirkung der Farblösung vom Schmelz her dieser sehr intensiv gefärbt wird und an einzelnen Stellen sogar die Farblösung in das Dentin durchtreten läßt. Bei dem von einem alten Tier stammenden Zahn (15) ist die Einwirkung bis auf die äußerste Oberflächenschicht beschränkt. Bei dem Präparat 11 ist nur die Hälfte, höchstens zwei Drittel, der

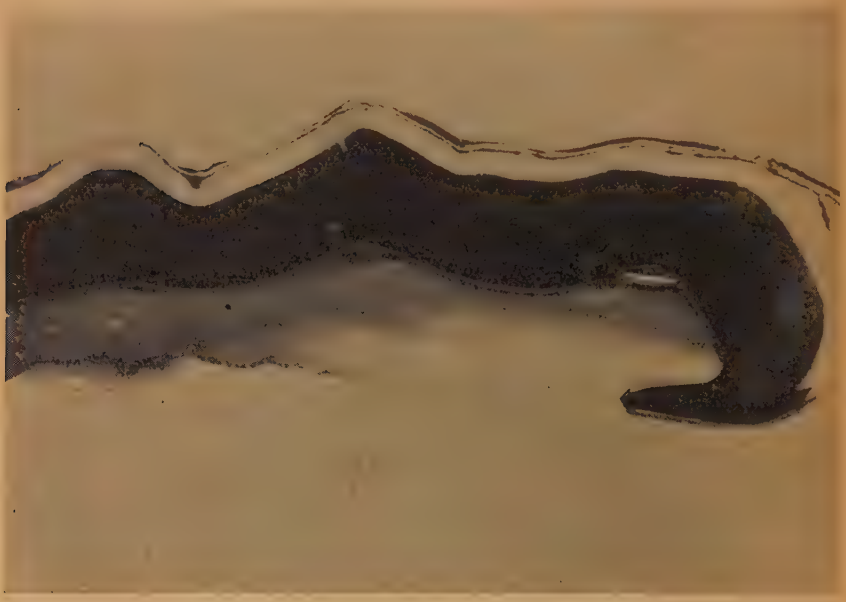

Abbildung 19.

Bärenzahn, mit ammon. Silberlösung vom Dentin aus gefärbt (scheinbar Milchmolar).

Das Dentin ist durchgängig gefärbt; der Schmelz-Dentin-Grenze zu nimmt die Färbung an Intensität etwas ab. Der Schmelz ist ungefärbt.

Schmelzdicke gefärbt. Bei Einwirkung der ammoniakalischen Silberlösung vom Dentin aus färbt sich dieses durchgängig, allerdings durchaus nicht gleichmäßig. Der Schmelz wird durch das Dentin hindurch nicht gefärbt.

Der 10 proz. Argentum nitricum-Lösung wurden einzelne Zähne sowohl vom Schmelz als auch vom Dentin gleichzeitig ausgesetzt. Dabei ließ sich ein Uebergang der Färbeflüssigkeit vom Schmelz zum Dentin oder umgekehrt nicht nachweisen. Sonst zeigen die Zähne der Herbivoren denen der Karnivoren gegenüber keine färberischen Unterschiede.

Die mit Methylenblau gefärbten Zähne zeigen, soweit die Farblösung vom Schmelz aus eingedrungen ist, eine nur geringe Oberflächenfärbung. Vom Dentin aus ist kein Uebergang der Lösung in den Schmelz zu beobachten, ausgenommen allerdings Präparat 9, wo sich der Schmelz fast durchgängig als vom Dentin aus gefärbt erweist.

Die Diamantfuchsinlösung konnte den Schmelz jedenfalls an seiner Oberfläche überall färben. Ob die gefärbten Dentinpartien nicht zum großen Teil auf Schmelzsprünge oder etwa durch den Schleifprozeß entstanden sind, bleibe dahingestellt.

Bei der Gruppe der Omnivoren sind nur Zähne wiedergegeben, die entweder einer 10 proz. Argentum nitricum-Lösung oder ammoniakalischen Silberlösung ausgesetzt waren.

Abbildung 20.

Schweinezahn, mit ammon. Silberlösung vom Schmelz und Dentin aus gefärbt.

Bei diesem Präparat erweist sich der Schmelz als sehr gering gefärbt, das Dentin ist durchgängig gefärbt und hat die Farbstoffspeicherung auch in erheblicher Entfernung von der Pulpa eine große Intensität. Ferner läßt sich in diesem Falle ein Eindringen der Farblösung vom Dentin aus in den Schmelz ,also in zentrifugaler Richtung, wahrnehmen.

Bei Zahn 20 ist beachtenswert, daß die Lösung durch das Dentin in den Schmelz durchdringen konnte. Auch die Zähne vom Menschen zeigen den Tierzähnen gegenüber kein unterschiedliches Verhalten, wie überhaupt diese Gruppe in ihrem Verhalten den Farblösungen gegenüber von der Gruppe der Herbivoren und Karnivoren nicht abweicht.

Vergleichen wir nun die drei Hauptabteilungen, unter die wir die einzelnen Lebewesen geordnet haben, also Karnivoren,

Herbivoren und Omnivoren miteinander, so muß festgestellt werden, daß ihr Verhalten den einzelnen Farblösungen gegenüber nicht verschieden ist. In dem Grad ihrer Wirkung unterscheiden sich lediglich die einzelnen Farblösungen voneinander. Die intensivste Färbung bringt die ammoniakalische Silber-

Abbildung 21.

Menschenzahn (Frischpräparat). Zahn wegen seniler Alveolaratrophie entfernt; mit 10 proz. Argentum nitricum-Lösung vom Schmelz aus gefärbt. Schmelz nur an wenigen Stellen gefärbt. Dentin nicht gefärbt.

lösung hervor, die fast den ganzen Schmelz — mehr von der Oberfläche als vom Dentin aus — wenn auch durchaus unregelmäßig, färbt. Bei der 10 proz. Argentum nitricum-Lösung beobachtet man gelegentlich ein Durchdringen der Farblösung

Abbildung 22.

Lösung vom Schmelz aus gefärbt.

Menschenzahn (Frischpräparat), mit 10 proz. Argentum nitricum-Hauptsächlich findet sich die Schmelz-Oberfläche gefärbt, besonders in den Fissuren und Approximalflächen. Bei × beginnende Karies?

in zentripetaler Richtung durch den Schmelz bis in das Dentin. Diamantfuchsin und Methylenblau färben den Schmelz ebenfalls niemals durchgängig. — Versucht man nun, an Hand der Untersuchungen festzustellen, ob eine verschiedene Färbbar-

keit zwischen sklerotischen und malakotischen Zähnen besteht, so scheitert m. E. jetzt doch die Feststellung an der ungenauen Abgrenzung zwischen beiden Begriffen. Setzen wir diese gleich mit „kariesimmun“ und „kariesempfänglich“, so müßte sich ein unterschiedliches Verhalten zwischen den Tierzähnen einerseits und den Menschenzähnen andererseits eigentlich feststellen lassen, zumal die gezeigten Menschenzähne sämtlich von Karies empfänglichen Individuen stammen. Allerdings zeigt Zahn 24 eine völlige und Zahn 23 eine fast völlige Durchdringung des Zahnschmelzes mit 10 proz. Argentum nitricum-Lösung, wie wir das bei Tierzähnen nur bei denen vom Reh gesehen haben. Die Zähne dieses Tieres dürfte man allerdings wohl mit Recht zu dem malakotischen Typus rechnen, soweit sich eben diese Unterscheidung nach den äußeren Merkmalen machen läßt (kreidiges Aussehen?)

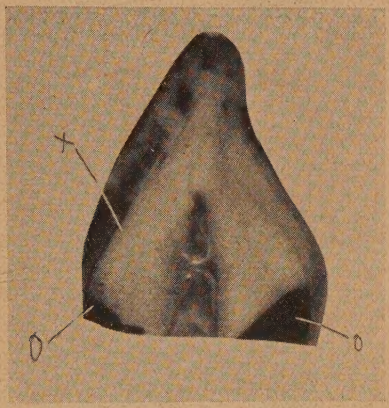

Abbildung 23.
Menschenzahn (Frischpräparat), unterer Schneidezahn bei Alveolarpyorrhoe entfernt; mit 10 proz. Argentum nitricum-Lösung vom Schmelz aus gefärbt.
Der Schmelz vornehmlich an der labialen Schmelzoberfläche durchgängig gefärbt, an der lingualen Fläche dagegen eine nur sehr geringe Einwirkung zu verzeichnen. Bei × ist das Dentin durch den Schmelz hindurch in zentripetaler Richtung gefärbt. Die auffällige, intensive Dentinfärbung bei (O) ist wohl auf ungenügende Abdichtung resp. auf Eindringen der Farblösung vom Zement her zurückzuführen.

Die Zähne der übrigen Tiere lassen ein teilweises Eindringen der Farblösung erkennen, das im Höchstfalle kaum wenig über die Hälfte der Schmelzdicke hinausgeht. Es haben hier anscheinend Hemmungen eingesetzt, die das weitere Vordringen der Farblösungen nicht gestatteten. Es ist möglich, daß die Färbeflüssigkeit mit dem Schmelz irgendeine chemische Bindung eingegangen ist, sodaß also vielleicht Salzausfällungen das weitere Vordringen hinderten. Eine andere, weit wahrscheinlicher erscheinende Möglichkeit wäre in dem histogenetischen Aufbau des Zahnes zu suchen, daß nämlich die äußeren, also letztgebildeten Schmelzschichten, die beim Durch-

bruch des Zahnes in die Mundhöhle noch nicht fertig ausgebildet und hernach den Einwirkungen des Speichels ausgesetzt durch Kalkeinlagerungen nachhärten, also gelöste Substanzen aufzunehmen in der Lage sind, in diesem Falle die

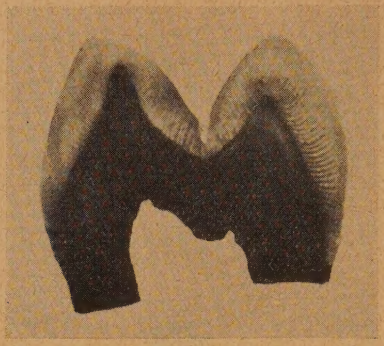

Abbildung 24.
Menschenzahn (Frischpräparat), system. 6-Jahr-Molar-Extraktion bei Stellungsanomalie eines 12jährigen Kindes; gefärbt mit 10 proz. Argentum nitricum-Lösung vom Dentin aus.
Das Dentin ist tiefschwarz gefärbt, der Schmelz gänzlich ungefärbt.

Farbstoffe eingelagert und gespeichert haben. Wie man sich im übrigen überhaupt die Färbung besonders des Zahnschmelzes erklären kann, ob etwa kapillarer Anstieg, chemische Bindung, Osmose oder Adsorption in Frage kommen, ist zur

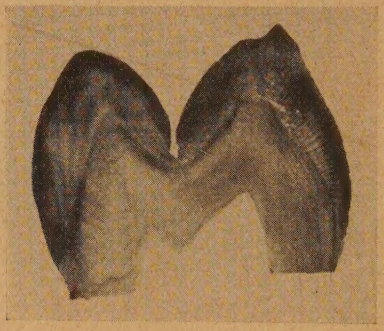

Abbildung 25.
Menschenzahn (Frischpräparat), cf. Nr. 24; vom Schmelz aus mit 10 proz. Argentum nitricum-Lösung gefärbt.
Die Schmelz-Oberfläche ist stark gefärbt, die Färbung nimmt nach der Schmelz-Dentin-Grenze zu ab, hat aber doch an einzelnen Stellen das darunter liegende Dentin mitfärben können.

Zeit noch nicht erwiesen und muß der weiteren Forschung überlassen bleiben.

Als Ergebnis der Arbeit läßt sich folgendes zusammenfassen: Eine durchgängige Färbung des Schmelzes und zwar

mehr von der Oberfläche als vom Dentin aus und auch durchaus nicht in allen Fällen gleichmäßig, läßt sich nur mit ammoniakalischer Silberlösung herbeiführen, zu welchem Resultat auch Türkheim bei seinen Untersuchungen gekommen ist, das in der Arbeit: „Ueber die Bedeutung der Schmelzfärbung" niedergelegt ist. Eine Färbung des Schmelzes in zentrifugaler Richtung vom Dentin aus ist nur vereinzelt und für kleinere Abschnitte möglich. Es gelingt auf diese Weise nicht, eine systematische Verbindung zwischen Dentin und Schmelz nachzuweisen, wodurch auch hier wiederum die Pickerillschen Beobachtungen bestätigt werden. „Es besteht demnach zwischen Schmelz und Dentin keine Kommunikation, durch welche Flüssigkeiten, die Salze im gelösten Zustande enthalten, aus letzterem in den ersteren gelangen könnten. Der zuerst gebildete Teil des Schmelzes ist undurchgängig, während der zuletzt gebildete solche Flüssigkeiten durchtreten läßt."

Zum Schluß möchte ich nicht verfehlen, Herrn Dr. Türkheim für die Ueberlassung des Themas sowie für die erwiesene Unterstützung auch an dieser Stelle herzlich zu danken.

Schriftennachweis:

Adrion: Schmelzsprünge und Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. (Z. R. 1922, Heft 4.)
Bauchwitz: Ueber Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. (Z. R. 1921, Heft 41 u. 42.)
Bauchwitz und Heimann: Weitere Untersuchungen über das Durchlässigkeitsvermögen der harten Zahnsubstanzen. (Z. R. 1926, Heft 2.)
Blotevogel: Der vitale Farbstofftransport während der Zahnbildung. (Zeitschrift für Zellen- und Gewebslehre, 1. Band, 5. Heft.)
Blotevogel: Der vitale Farbstofftransport während der Zahnbildung. (Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde 1925.)
Blotevogel: Ueber den vitalen Farbstofftransport bei der Zahnentwicklung. (Ergänzungsheft zum Anatomischen Anzeiger, Band 57.)
Faber: Zur Frage der Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. (Z. R. 1924, Heft 3 und 4.)
Fürst: Experimentelle Beiträge zur physikalischen Chemie des Schmelzes. (Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde 1924, Heft 3.)
Fischer: Bau und Entwicklung der Mundhöhle.
Kantorowicz: Ueber die Ernährung des Schmelzes. (D. M. f. Z. 1908.)
Kantorowicz: Lehrbuch der Zahnheilkunde.
Kranz: Ueber Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. (Z. R. 1921, Heft 51.)
Kranz: Desgl. (Z. R. 1922, Heft 10.)
Moeser: Ueber Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen.
Ostwald: Grundriß der Kolloidchemie. (Leipzig 1917.)
Pickerill: Die Verhütung von Zahnkaries und Mundsepsis. Uebersetzt von Neumann. (Meußer, Berlin 1913.)
Pickerill: The prevention of dental caries and oralsepsis. (New York 1924).
Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde.
Sicher: Histologie. (Fortschritte der Zahnheilkunde 1926, Heft 4.)
Türkheim: Die Ernährung und die physikalische Chemie des Schmelzes. (Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde 1926, Heft 4.)
Türkheim: Ueber die Bedeutung der Schmelzfärbung. (Zeitschrift für Stomatologie 1922, Heft 12.)
Türkheim: Kariesforschung. (Fortschritte der Zahnheilkunde 1925, Heft 2.)
Türkheim: Physiologische Chemie. (Fortschritte der Zahnheilkunde 1925, Heft 7.)

Lebenslauf.

Als Sohn des Kaufmanns Friedrich Dierks und seiner Ehefrau Luise, geb. Schulze, wurde ich am 14. März 1896 zu Bielefeld geboren. Nach dem Tode des Vaters zog meine Mutter mit mir nach Lüneburg, wo ich das dortige Realgymnasium besuchte. Nach meiner Einberufung zum Heeresdienst legte ich im Jahre 1915 die Reifeprüfung ab und war dann bis zum Dezember 1918, zuletzt als Leutnant d. R., im Felde. Vom Januar 1919 studierte ich in Berlin Zahnheilkunde und besuchte die Vorlesungen der Professoren: Du Bois-Reymond, Dieck, Fick, Hertwig, Markwald, Schoenbek, Schröder und Steudel. Am 26. März machte ich die zahnärztliche Vorprüfung. Vom Sommersemester 1920 ab studierte ich in Hamburg und besuchte dort die Vorlesungen der Professoren und Dozenten: Dunbar, Fischer, Fraenkel, Grawinkel, Hegler, Kadner, Roedelius, Rohrer, Unna und Wohlwill. Das zahnärztliche Staatsexamen bestand ich am 9. Dezember 1921. Am 1. Januar 1922 ließ ich mich als Zahnarzt in Tostedt, Krs. Harburg, nieder. Von dort siedelte ich infolge Anstellung als nebenamtlicher Schulzahnarzt in Berlin nach Berlin-Waidmannslust über, wo ich bis heute ebenfalls als Zahnarzt praktiziere.